

First Hit

☐ Generate Collection

L13: Entry 21 of 23

File: JPAB

Feb 18, 2000

PUB-NO: JP02000047117A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000047117 A

TITLE: LASER SCANNING TYPE MICROSCOPE EQUIPPED WITH AOTF

PUBN-DATE: February 18, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

SIMON, ULRICH DR

WILHELM, STEFAN

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

CARL ZEISS JENA GMBH

APPL-NO: JP11143181

APPL-DATE: May 24, 1999

PRIORITY-DATA: 1998DE-827140 (July 18, 1998)

INT-CL (IPC): G02 B 21/00; G01 B 11/00; G01 K 11/22; G01 N 21/27

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To guarantee the stability of laser performance to necessary ultraviolet-ray wavelength and a visible spectrum range by providing a temperature sensor at the periphery of an acoustooptical temperatures sensor(AOTF) or nearby it or while the temperature sensor is coupled with the AOTF.

SOLUTION: Temperature detectors which detect ambient temperatures of respective AOTFs are fitted directly to the AOTFs and the temperatures are transmitted to a central control unit 34 which has an arithmetic function. The arithmetic function adjusts and optimizes the AOTF-to-frequency relation of temperature dependency in a frequency range by a previously stored correction curve and a driving circuit. Namely, a frequency shift caused by variation in temperature is compensated by increasing or decreasing the frequency. This compensation can be performed on the basis of the intensity value of a laser beam picked off by a diode 19. Namely, an AOTF driver controls the frequency by varying the frequency up to the highest frequency according to the intensity signal picked off by the diode 19.

COPYRIGHT: (C) 2000, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-47117

(P2000-47117A)

(43)公開日 平成12年2月18日(2000.2.18)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テ-マ-ト*(参考) |
|--------------------------|------|---------------|------------|
| G 0 2 B 21/00 | | G 0 2 B 21/00 | |
| G 0 1 B 11/00 | | G 0 1 B 11/00 | Z |
| G 0 1 K 11/22 | | G 0 1 K 11/22 | |
| G 0 1 N 21/27 | | G 0 1 N 21/27 | E |

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 5 頁)

| | | | |
|-------------|-----------------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願平11-143181 | (71)出願人 | 396000455 カール ツァイス イエナ ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング ドイツ D-07745 イエナ タッツェン ドプロムナーデ 1 a |
| (22)出願日 | 平成11年5月24日(1999.5.24) | (74)代理人 | 100071098 弁理士 松田 省躬 |
| (31)優先権主張番号 | 1 9 8 2 7 1 4 0 . 9 | | |
| (32)優先日 | 平成10年7月18日(1998.7.18) | | |
| (33)優先権主張国 | ドイツ (DE) | | |

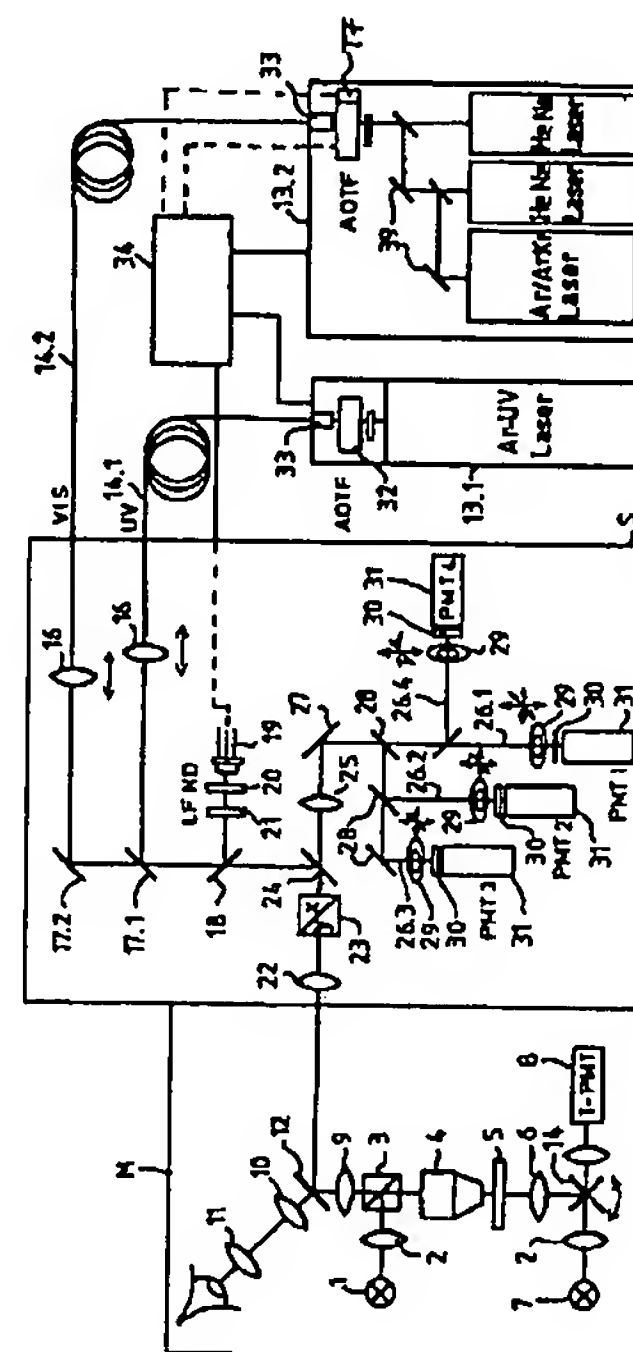
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 AOTFを備えたレーザー走査式顕微鏡

(57)【要約】

【課題】レーザー走査式顕微鏡の設置条件が不確定で一定でない場合でも、必要とされるすべての紫外線波長領域と可視スペクトル領域に対してレーザーの性能の安定性を保証すること

【解決手段】レーザーを結合する光路内に備えた音響光学式温度センサー(AOTF)の周辺、またはその近傍、あるいはこれと結合して1つの温度センサーが備え、その音響光学式温度センサー自体、および/またはその周囲が、加熱あるいは冷却されるようにした



【特許請求の範囲】

【請求項1】レーザーを結合する光路内に1つの音響光学式温度センサー(AOTF)を備えたレーザー走査式顕微鏡において、その音響光学式温度センサー(AOTF)の周辺、またはその近傍、あるいはこれと結合して1つの温度センサーが備えられているレーザー走査式顕微鏡。

【請求項2】レーザーを結合する光路内に1つの音響光学式温度センサー(AOTF)を備えたレーザー走査式顕微鏡において、その音響光学式温度センサー自体、および/またはその周囲が、加熱あるいは冷却されるようにしたレーザー走査式顕微鏡。

【請求項3】加熱または冷却が、一定の値に制御されるようにした請求項2に記載のレーザー走査式顕微鏡。

【請求項4】加熱が、あらかじめ見込まれる実験室内の諸条件よりも高い温度値に行われるようにした請求項3に記載のレーザー走査式顕微鏡。

【請求項5】温度値が35℃を越える温度である請求項4に記載のレーザー走査式顕微鏡。

【請求項6】音響光学式温度センサー(AOTF)の周辺、またはその近傍、あるいはこれと結合して、1つの温度センサーが備えられている請求項2から請求項5のいずれかに記載のレーザー走査式顕微鏡。

【請求項7】温度制御のための温度センサーが、加熱器または冷却器と電子式制御方式を通して接続されている請求項2から請求項6のいずれかに記載のレーザー走査式顕微鏡。

【請求項8】温度センサーに、音響光学式温度センサー(AOTF)用の制御ユニットが接続されている請求項1に記載のレーザー走査式顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音響光学式温度センサー(AOTF)を備えたレーザー走査式顕微鏡に関するものである。

【0002】

【従来の技術】レーザー走査式顕微鏡において、種々の波長を有するレーザー光を、ビーム・スプリッターを経て集束し、格子定数が高周波による制御に対応して変化し、屈折率変化を経て実現される格子を備えた音響光学式温度センサー(AOTF)を経て一本の光ファイバー中に結合する方法は既に知られている。その光の強度、ならびにAOTFによって一次の回折をした光の波長、すなわち、その音波の振幅に関する強度とその音波周波数に関する波長は、AOTFの指示制御により調整される。

【0003】音響光学を適用して、モジュール構成でレーザーラインのライン選択と減衰を行うには、音響光学ユニットの透過特性の温度依存性が強いという欠点がある。このことは、温度の変化に伴いクリスタル材中の音

速が変化し、その変化が間接的に最適周波数からの偏倚となり、それと共に回折効率の減少が目立つようになるためである。周波数の偏倚は、16KHz/℃になることが確認されている。このことは強度の損失につながるが、同時に走査している画像における強度変調を可能にする。

【0004】たとえば、AOTFが21℃に調整されていた場合に、温度が21℃から35℃へ変化すると、透過効率は必要な補正をしないで出力値の約5%に減衰する。わずか4℃の温度変化だけでも、透過効率は約50%の減衰となる。レーザー走査式顕微鏡に許容できる性能は、温度変化を+/-1℃以内に制限可能な場合のみ保証することが出来る。しかし、これは実際にはレーザー走査式顕微鏡のあらゆる使用条件から見てほとんど不可能である。多くの実験室では、室温は30℃あるいはそれ以上に容易に達するであろう。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の課題は、レーザー走査式顕微鏡の設置条件が不確定で一定でない場合でも、必要とされるすべての紫外線波長(351nm、364nm)と可視スペクトル領域(450nm、650nm)に対してレーザーの性能の安定性を保証することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】この課題は、本発明による特許請求範囲の独立請求項の特徴により解決される。さらに好適実施例が、従属請求項の対象となっている。利点としてAOTFの制御に関する周波数は、温度に依存してインタフェース・ドライバで制御可能である。このための温度検出は、AOTFのごく近傍で、たとえばそのケースに直接接触して検出することができる。

【0007】温度偏倚として前記基準値の+/-1℃より大きい値が確認される場合には、前記の周波数範囲内、特に基準値(温度)で確定した周波数に関して+/-200Hzの範囲内に周波数の自動調整が行われる。この周波数は、あらかじめ作表して記憶させた対温度依存の周波数値にしたがって設定することができる。温度偏倚は光の強度を上げることによっても補正することが可能で、その強度の上昇によりAOTFの効率低下が補正される。

【0008】図示したレーザー走査式顕微鏡(LSM)は、極端な場合のVISレーザー・モジュールに基づいて、Arレーザー(458nm、488nm、524nm)またはArKrレーザー(488nm、568nm)とそれぞれ2つのHeNeレーザーとの組合せを実現している。これらのレーザー光路は、アイオライトとミラーを経て1つの共通な光軸に統合されて、AOTF内で選択され、VIS AOTFの第1回折の配列が、シングル・モードのオプティカル・ファイバーに結合される。紫外線(UV)レーザー・モジュールについては、U

V-AOTFを経由して351nmおよび364nmのレーザー・ラインが選択される。すなわち、第1回折の配列が、やはり1つのシングル・モードのオプティカル・ファイバーに結合される。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明を概略図に示す実施例に従いより詳細に説明する。図1では、顕微鏡ユニットMおよび走査ヘッドSを概略図示しており、図2における入力端Zを経由する共通光のインタフェースを表してある。操作ヘッドSは、直立させた顕微鏡の鏡胴ばかりでなく、倒立した顕微鏡における横向きの出口にも使用可能である。

【0010】図1には、旋回可能なミラー14による垂直光スキャンと透過光スキャンに切換可能な顕微鏡の光路を示している。すなわち、光源1、照明用レンズ2、ビーム・スプリッター3、対物レンズ4、試料5、コンデンサー6、光源7、受光装置(T-PMT)8、第1鏡胴レンズ9、第2鏡胴レンズ10を有する観察光光路、および接眼レンズ11ならびに走査光結合用のビーム・スプリッター、等が図示されている。レーザー・モジュール13.1、13.2は、レーザーを入力し、シングル・モード・光ファイバー14.1、14.2を経由して走査ヘッドのレーザー結合ユニットに接続される。

【0011】光ファイバー14.1、14.2は、摺動式コリメータ・レンズ16に結合され、これに対してさらに光路変更要素17.1、17.2が考慮されている。さらに、部分透過ミラー18により、モニター・ダイオード19の方向へのモニター光の光路が、図示されていない回転可能なフィルター輪上には、中性フィルター20、およびライン・フィルター21が都合よく配列されているが、ここでフェード・アウトされる。

【0012】実際のスキャン・ユニットは、スキャン用対物レンズ22、スキャナー23、メイン・ビーム・スプリッター24および検出チャンネル26.1-26.4に関する共通の結像レンズ25から成る。結像レンズ25の後の光路転換用プリズム27は、試料5からの光を結像レンズ25の収斂光路内で2色性のビーム・スプリッター28の方向へ反射するが、これらのビーム・スプリッターの後には光軸に垂直な方向に調整可能でかつその径が可変な(複数の)ピンホール29が各検出チャンネル、エミッション・フィルター30、および適切な受光素子31(PMT4)が配置されている。

【0013】ビーム・スプリッター27、28は、いくつかの位置を有するスプリッター輪で、その位置は適宜ステップ・モーターで切換可能に構成することが出来る。また、オプティカル・ファイバー14.1、好適にはシングル・モード・光ファイバー内で紫外線が偏光器としてのAOTFにより適宜結合される。すなわち、その紫外光が光ファイバー入力として入射しない場合には、AOTFにより光ファイバーの入力からたとえば図

示されていない遮光路の方向へ偏向される。

【0014】レーザー光を結合するための結合レンズ33は、ここに図示されていないレンズ系のために備えられており、その焦点距離は、そのレーザー・ビームの断面と最適結合が可能な開口数によって確定され、そして、レーザー・モジュール13.2では、単一および複数波長のレーザーがあらかじめ備えられ、これらは個々にあるいは一緒にAOTFを経て1つまたは複数の光ファイバーに結合される。さらに、この結合は複数の光ファイバーを経由することも同時に行うことが可能で、そのビームは顕微鏡側ではアダプター・レンズを通過した後に色合成器により混合される。種々のビームを混合は、光ファイバーの入力側でも可能であり、これは概略図示した交換および切換可能なスプリッター・ミラー39によって行うことができる。

【0015】光ファイバー14.1および14.2からスキャン・ユニット側へ出射するレーザー・ビームは、コリメータ・レンズ16により平行調整ビームとなる。それは好都合にも、単独のレンズで行われ、そのレンズは、中央制御ユニット34経由で調節可能な制御ユニット37で光軸に沿ってスライドすることにより焦光機能を有し、そしてその間スキャン・ユニットでは、本発明に従い光ファイバー14.1および14.2の終端までのレンズ距離は可変となる。

【0016】モニター・ダイオード19は、ここでは図示されていない上位の焦光レンズを手前に備えることが可能で、制御ユニット36により制御され、ラインまたは領域を選択するフィルター輪またはフィルター・スライダー21と連動して作動するが、これは、スキャン・モジュールに結合されるレーザー・ビームを常時監視するためのもので、とくに、ある1つのレーザー・ラインのパワーを他から絶縁して制御し、必要に応じて制御ユニット34の制御信号によりAOTF32経由で安定を図るためのものである。

【0017】モニター・ダイオード19は、この機械-光学系伝送システムに基づいて、レーザー・ノイズとその変化を検出している。検出されたレーザー・パワーの瞬時値から、その場合のエラー信号が導かれ、その信号は直接オンラインで、レーザー・ビームまたはそのレーザー・ビームに順次接続される強度変調器(ASOM, AOTF, EOM, およびシャッター)に対して、スキャン・モジュールに入射結合されるレーザー・パワーを安定させるようフィードバック作用をする。

【0018】フィルター・ユニット21を制御することにより、波長によるレーザーの強度の安定化と性能の制御を行うことができる。検出器31(PMT)と接続して、その信号がその都度中央制御ユニットへ接続されることで、ダイオード19の検出信号とモニター信号との信号比または信号差を形成することにより、ノイズが抑制され、これにより、1つの画素検出チャンネルに対応

するセンサー信号が、画素対画像の情報としてモニター・ダイオードの信号に対して基準化（たとえば、分割）され、このようにして画像内の強度の揺らぎが抑制される。

【0019】各AOTFの周囲温度を検出する温度検出器が、AOTFに直接取り付けられる。この温度は演算機能を有する中央制御ユニット34へ伝送されるが、この演算機能は、あらかじめ記憶させた補正曲線とRS232駆動回路により、前記周波数枠内で温度依存のAOTF対周波数の関係を調整して最適化する機能、すなわち、温度の変化によって生じる周波数偏倚を、周波数を増減して補償する機能である。しかし、この補償は、ダイオード19によってピックアップされ中央制御ユニットへ伝送されるレーザー・ビームの強度値に基づいて自動的に行うことができる。すなわち、ダイオード19は中央制御ユニットに接続され、AOTFドライバーは、ダイオード19がピックアップした強度信号に基づいて、最高周波数に達するまで周波数を約 $\pm 200\text{KHz}$ 変化させて周波数を調節する方法である。

【0020】さらに有利な解決方法は、AOTFに別途加熱器または冷却器を備えることである。とくに好都合なのは、クリスタルは、 35°C を超えた温度領域、たとえば 40°C まで加熱すると、前記の枠の範囲内で一定に維持される。この場合、第1の回折配列におけるレーザー・パワーは、たとえば 15°C — 35°C の全温度範囲にわたり限界内で一定である。

【0021】図2は、安定な温度制御の一例を示しているが、その制御の変動はレーザー走査式顕微鏡にとって何ら悪影響を与えていない。AOTFの電圧供給用入力端Zを備えたケース部Gの上には、AOTFの TeO_2 —クリスタルが取り付けられ、ここを通過するレーザー・ビームが概略図示してある。ケースGと TeO_2 クリスタルの間には、電氣的に加熱または冷却可能なプレートPがあり、その電源STは、たとえば図示のように該ケースの外側に設置してもよい。電源STには、温度センサーを接続した制御部が接続されているが、この温度センサーは、 TeO_2 クリスタルまたは電源STに直接取り付けてもよい。

【0022】この制御は、電源ST部分を制御する可能性があるが、制御ユニット34を経由しても行うことができる。図1で図示したように、温度センサーTFもまたケースに取り付けられており、温度変化を検出し、それに対応してAOTFを制御する評価ユニット34に接続されている。

【図面の簡単な説明】

図1：レーザー走査式顕微鏡の光路を示したものである。

図2：加熱可能なAOTF（音響光学式温度センサー）の側断面図と立体図を示す。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2 照明用レンズ
- 3 ビーム・スプリッター
- 4 対物レンズ
- 5 試料
- 6 コンデンサー
- 7 光源
- 8 受光装置（T-PMT）
- 9 第1鏡胴レンズ
- 10 第2鏡胴レンズ
- 11 接眼レンズ
- 14 ミラー
- 13.1、13.2 レーザー・モジュール
- 14.1、14.2 シングル・モード・光ファイバー
- 16 摺動式コリメータ・レンズ
- 17.1、17.2 光路変更要素
- 18 部分透過ミラー
- 19 モニター・ダイオード
- 20 中性フィルター
- 21 およびライン・フィルター
- 22 スキャン用対物レンズ
- 23 スキャナー
- 24 メイン・ビーム・スプリッター
- 25 共通の結像レンズ
- 26.1—26.4 検出チャンネル
- 27 光路転換用プリズム
- 28 ビーム・スプリッター
- 29 ビンホール
- 30 エミッション・フィルター
- 31 受光素子（PMT4）
- 32 AOTF
- 33 結合レンズ
- 34 中央制御ユニット
- 36 制御ユニット
- Z 電圧供給用入力端
- P プレート
- ST 電源

(72) 発明者 ステファン ヴィルヘルム (原語表記)
Stefan Wilherumu
ドイツ国 D-07745 イエナ フリーデ
スベルク 1 (原語表記) Am Fri
edesberg 1, D-07745 Je
na, Germany

First Hit

☐ **Generate Collection**

L7: Entry 2 of 2

File: DWPI

Dec 12, 2002

DERWENT-ACC-NO: 2000-063697
DERWENT-WEEK: 200301
COPYRIGHT 2004 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Laser-scanning microscope with an AOTF

INVENTOR: SIMON, U; WILHELM, S

PATENT-ASSIGNEE:

ASSIGNEE

ZEISS JENA GMBH CARL

CODE

JENA

PRIORITY-DATA: 1998DE-1027140 (June 18, 1998)

Search Selected

Search ALL

Clear

PATENT-FAMILY:

| PUB-NO | PUB-DATE | LANGUAGE | PAGES | MAIN-IPC |
|---|-------------------|----------|-------|------------|
| <input type="checkbox"/> <u>DE 19827140 C2</u> | December 12, 2002 | | 000 | G02B021/00 |
| <input type="checkbox"/> <u>DE 19827140 A1</u> | December 23, 1999 | | 005 | G02B021/00 |
| <input type="checkbox"/> <u>JP 2000047117 A</u> | February 18, 2000 | | 005 | G02B021/00 |

APPLICATION-DATA:

| PUB-NO | APPL-DATE | APPL-NO | DESCRIPTOR |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| DE 19827140C2 | June 18, 1998 | 1998DE-1027140 | |
| DE 19827140A1 | June 18, 1998 | 1998DE-1027140 | |
| JP2000047117A | May 24, 1999 | 1999JP-0143181 | |

INT-CL (IPC): G01 B 11/00; G01 K 11/22; G01 N 21/27; G02 B 21/00

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19827140A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - A laser-scanning microscope has an AOTF in a laser input beam coupler, with a temperature sensor arranged adjacent to the AOTF and device for heating and cooling of the AOTF.

USE - As laser-scanning microscope.

ADVANTAGE - Correct temperature control of the AOTF ensures that there is no loss of light intensity from the laser.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - Figure shows the beam input to a laser-scanning microscope.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

TITLE-TERMS: LASER SCAN MICROSCOPE

DERWENT-CLASS: P81 S02 S03

EPI-CODES: S02-J04B1; S03-E04R;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-049889



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 27 140 A 1**

⑤① Int. Cl. 6:
G 02 B 21/00

②① Aktenzeichen: 198 27 140.9
②② Anmeldetag: 18. 6. 98
④③ Offenlegungstag: 23. 12. 99

DE 198 27 140 A 1

⑦① Anmelder:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

⑦② Erfinder:
Simon, Ulrich, Dr., 07751 Rothenstein, DE; Wilhelm,
Stefan, Dipl.-Ing., 07745 Jena, DE

⑥⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

US 45 36 062
EP 06 95 963 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Laser-Scanning-Mikroskop mit AOTF

⑤⑦ Laser-Scanning-Mikroskop mit einem AOTF im Laser-
Einkopplungsstrahlengang, wobei in der Umgebung des
AOTF oder in dessen Nähe oder mit diesem verbunden
ein Temperaturfühler vorgesehen ist,
und eine Heizung oder Kühlung des AOTF und/oder sei-
ner Umgebung erfolgt.

DE 198 27 140 A 1

Es ist bereits bekannt, in einem Laser-Scanning-Mikroskop Laser unterschiedlicher Wellenlängen über Strahlteiler zusammenzuführen und über einen AOTF mit einem über Brechungsindexvariation realisierten Gitter, dessen Gitterkonstante entsprechend seiner hochfrequenten Ansteuerung variabel ist, in eine Lichtleitfaser einzukoppeln.

Die durch den AOTF in erster Ordnung gebeugte Wellenlänge sowie die Intensität werden durch Ansteuerung des AOTF eingestellt, die Intensität über die Amplitude der Schallwelle und die Wellenlänge über die Frequenz der Schallwelle.

Die Verwendung von Akustoptik zur Linienselektion und Abschwächung von Laserlinien in einem modularen Aufbau hat den Nachteil, daß die Transmissionseigenschaften der Akustoptischen Einheit stark temperaturabhängig sind.

Dies ist dadurch zu erklären, daß es mit Änderung der Temperatur zu einer Änderung der Schallgeschwindigkeit im Kristallmaterial kommt, die sich indirekt in einer Abweichung von der optimalen Frequenz und damit in einer Abnahme der Beugungseffizienz bemerkbar macht. Eine Frequenzverschiebung von ca. 16 KHz/°C wurde ermittelt.

Das führt zu Intensitätsverlusten und zu möglichen Intensitätsmodulationen im gescannten Bild.

Wurde der AOTF beispielsweise auf 21°C abgestimmt, fällt bei einem Temperaturwechsel von 21°C auf 35°C die transmittierte Leistung ohne Korrekturmaßnahmen auf ca. 5% des Ausgangswertes ab. Selbst bei einer Temperaturänderung von nur 4°C kommt es zu einem Leistungsabfall um ca. 50%.

Eine akzeptable Performance des Laser-Scanning-Mikroskopes ist nur zu gewährleisten, wenn die Temperaturschwankungen auf $\pm 1^\circ\text{C}$ eingegrenzt werden können.

Dies ist jedoch in der Praxis durch die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des Laser-Scanning-Mikroskopes kaum möglich.

Raumtemperaturen $> 30^\circ\text{C}$ werden darüber hinaus in vielen Labors schnell erreicht.

Die Erfindung hat daher die Aufgabe, trotz ungewisser und nicht konstanter Aufstellbedingungen des LSM die Stabilität der Laserleistung für alle benötigten Wellenlängen in ultravioletten (351 nm, 364 nm) und sichtbaren Spektralbereich (450 nm–650 nm) zu gewährleisten.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Vorteilhaft kann die AOTF Frequenz über die Ansteuerung des AOTF durch eine Treiberschnittstelle in Abhängigkeit von der Temperatur gesteuert werden.

Die Temperaturerfassung kann hierzu in unmittelbarer Nähe des AOTF, beispielsweise direkt an seinem Gehäuse erfolgen.

Falls eine Temperaturabweichung von größer $\pm 1^\circ\text{C}$ von einem vorgegebenen Referenzwert festgestellt wird, erfolgt eine automatische Frequenznachstellung innerhalb eines vorgegebenen Frequenzfensters, vorzugsweise ± 200 KHz um die bei dem Referenzwert (Temperatur) festgelegte Frequenz. Die Frequenz kann auch anhand vorher aufgenommener und tabellarisch abgespeicherter temperaturabhängiger Frequenzwerte eingestellt werden.

Die Temperaturabweichung kann auch durch eine Intensitätserhöhung ausgeglichen werden, die den Effizienzverlust des AOTF ausgleicht.

Das dargestellte LSM realisiert auf dem VIS Lasermodul im Extremfall die Vereinigung von einem Ar Laser (488 nm, 488 nm, 514 nm) bzw. ArKr Laser (488 nm, 568 nm) mit je-

weils zwei HeNe-Lasern. Die Laserlinien werden über Dichroite und Spiegel auf eine gemeinsame Achse vereinigt, in einem AOTF selektiert und die erste Beugungsordnung des VIS AOTF wird in eine Single Mode Faser gekoppelt. Auf dem UV Lasermodul erfolgt die Selektion der Laserlinien 351 nm und 364 nm über einen UV-AOTF; die erste Beugungsordnung wird ebenfalls in eine Single Mode Faser eingekoppelt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Darstellungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: Den Strahlengang eines Laser-Scanning-Mikroskopes;

Fig. 2: Den beheizbaren AOTF in einem seitlichen Teilschnitt und in räumlicher Darstellung.

In Fig. 1 sind schematisch eine Mikroskopeinheit M und ein Scankopf S dargestellt, die eine gemeinsame optische Schnittstelle über eine Zwischenabbildung Z gemäß Fig. 2 ausweisen.

Der Scankopf S kann sowohl an den Phototubus eines aufrechten Mikroskopes sowie auch an einen seitlichen Ausgang eines inversen Mikroskopes.

In Fig. 1 ist ein zwischen Auflichtscan und Durchlichtscan mittels eines schwenkbaren Spiegels 14 umschaltbarer mikroskopischer Strahlengang dargestellt, mit Lichtquelle 1, Beleuchtungsoptik 2, Strahlteiler 3, Objektiv 4, Probe 5, Kondensor 5, Lichtquelle 7, Empfängeranordnung 8, einer ersten Tubuslinse 9, einem Beobachtungsstrahlengang mit einer zweiten Tubuslinse 10 und einem Okular 11 sowie einem Strahlteiler zur Einkopplung des Scanstrahls dargestellt.

Ein Lasermodul 13.1, 13.2 nimmt die Laser auf und ist über Monomode – Lichtleitfasern 14.1, 14.2 mit der Lasereinkoppeleinheit des Scankopfes S verbunden.

Die Einkopplung der Lichtleitfasern 14.1, 14.2 erfolgt mittels einer verschieblichen Kollimationsoptik 16, auf die noch näher eingegangen wird, sowie Strahlumlenkelementen 17.1, 17.2.

Mittels eines teildurchlässigen Spiegels 18 wird ein Überwachungsstrahlengang in Richtung einer Monitordiode 19, der, vorteilhaft auf einem nicht dargestellten drehbaren Filterrad Linienfilter 21 sowie Neutralfilter 20 vorgeordnet sind, ausgeblendet.

Die eigentliche Scaneinheit besteht aus Scanningobjektiv 22, Scanner 23, Hauptstrahlteiler 24 und einer gemeinsamen Abbildungsoptik 25 für Detektionskanäle 26.1–26.4.

Ein Umlenkprisma 27 hinter der Abbildungsoptik 25 spiegelt die vom Objekt 5 kommende Strahlung in Richtung dichroitischen Strahlteiler 28 im konvergenten Strahlengang der Abbildungsoptik 25, denen in Richtung und senkrecht zur optischen Achse verstellbare und in ihrem Durchmesser veränderbare Pinholes 29, individuell für jeden Detektionskanal sowie Emissionsfilter 30 und geeignete Empfänger-elemente 31 (PMT) nachgeordnet sind.

Die Strahlteiler 27, 28 können vorteilhaft, wie in Fig. 5 schematisch dargestellt, als Teilerrad mit mehreren Positionen, motorisch durch Schrittmotoren umschaltbar, ausgebildet sein.

Vorteilhaft erfolgt eine Einkopplung von UV-Strahlung in Glasfaser 14.1, vorzugsweise einer Single-Mode-Glasfaser mittels eines AOTF, als Strahlblenker, d. h. wenn der Strahl nicht auf den Fasereingang fallen soll, wird er mittels des AOTF vom Fasereingang, beispielsweise in Richtung einer nicht dargestellten Lichtfalle, abgelenkt.

Die Einkoppeloptik 33 zur Einkopplung der Laserstrahlung weist zur Einkopplung nicht dargestellte Linsensysteme auf, deren Brennweite durch den Strahlquerschnitt der Laser und die für die optimale Einkopplung erforderliche numerische Apertur festgelegt ist. Im Lasermodul 13.2, sind

Einzel- und Multiwellenlängenlaser vorgesehen, die einzeln oder gemeinsam über einen AOTF in eine oder mehrere Fasern eingekoppelt werden. Weiterhin kann die Einkopplung auch über mehrere Fasern gleichzeitig erfolgen, deren Strahlung mikroskopseitig nach Durchlaufen einer Anpaßoptik durch Farbvereiniger gemischt wird.

Auch die Mischung der Strahlung verschiedener Laser am Fasereingang ist möglich und kann anhand der schematisch dargestellten, auswechselbarer und schaltbarer Teller-
spiegel 39 erfolgen.

Die aus dem Faserende der Fasern 14.1,2 an der Scaneinheit s austretende Laserstrahlung wird mittels der Kollimationsoptik 16 auf einen Unendlichstrahl kollimiert. Das erfolgt vorteilhaft mit einer einzelnen Linse, die durch Verschiebung entlang der optischen Achse mittels einer über eine zentrale Ansteuereinheit 34 ansteuerbare Steuereinheit 37 eine Fokussierungsfunktion hat, indem ihr Abstand zum Ende der Lichtleitfaser 14.1,2 an der Scaneinheit erfindungsgemäß veränderbar ist.

Die Monitordiode 19, die auch, hier nicht dargestellt, eine vorgesetzte Fokussierlinse aufweisen kann, wirkt in Verbindung mit einem linien- oder bereichsselektiven Filterrad oder Filterschieber 21, angesteuert von einer Steuereinheit 36, zur permanenten Überwachung der in das Scanmodul eingekoppelten Laserstrahlung, insbesondere um die Leistung in einer bestimmten Laserlinie isoliert zu kontrollieren und gegebenenfalls über den AOTF 32 mittels eines Regelsignales der Ansteuereinheit 34 zu stabilisieren. Die Detektion mittels der Monitordiode 19 erfaßt das Laserrauschen und Variationen aufgrund des mechanisch-optischen Übertragungssystems.

Aus der detektierten momentanen Laserleistung kann dabei ein Fehlersignal abgeleitet werden, das on-line direkt auf den Laser oder einen dem Laser nachgeschalteten Intensitätsmodulator (ASOM, AOTF, EOM, Shutter) zwecks der Stabilisierung der in das Scanmodul eingestrahlichten Laserleistung zurückwirkt.

Durch die Ansteuerung der Filtereinheit 21 kann somit eine wellenlängenweise Stabilisierung der Intensität und Laserleistungskontrolle erfolgen.

Durch eine Verbindung zur Detektion 31 (PMT) und jeweils zur zentralen Ansteuereinheit kann durch Bildung von Signalquotienten / oder Signalsubtraktion des Detektionssignales und des Monitorsignales der Diode 19 eine Rauschverminderung bewirkt werden, indem das entsprechende Sensorsignal eines Detektionskanals pixelweise als Pixel-Bildinformation auf das Signal der Monitordiode normiert wird (z. B. Division), um auf diese Weise Intensitätsfluktuationen im Bild zu verringern.

Unmittelbar am AOTF ist ein Temperaturfühler TF befestigt, der die Umgebungstemperatur des jeweiligen AOTF erfaßt.

Diese wird zur Ansteuereinheit 34 übermittelt, die einen Rechner enthält, der anhand vorher eingespeicherter Korrekturkurven und einen RS 232-Treiberschaltkreis die AOTF-Frequenz in Abhängigkeit von der Temperatur in einem vorgegebenen Frequenzfenster einstellt und optimiert, das heißt, die durch die Temperaturabweichung aufgetretene Frequenzverschiebung durch Frequenzerhöhung oder Verringerung ausgleicht. Dieser Ausgleich kann aber auch automatisch anhand des von der Diode 19 aufgenommenen und an die Ansteuereinheit übermittelten Intensitätswertes der Laserstrahlung erfolgen, indem die Diode 19 mit der Auswerteeinheit verbunden ist und der AOTF-Treiber die Frequenz anhand des aufgenommenen Intensitätssignales der Diode 19 nachstellt, indem die Frequenz vorzugsweise um +/- 200 KHZ variiert wird, bis ein maximales Signal erreicht ist.

Weiterhin besteht eine vorteilhafte Lösung darin, für den AOTF eine separate Heizung oder Kühlung vorzusehen.

Besonders vorteilhaft wird der Kristall auf einen Bereich größer 35°C, beispielsweise 40°C geheizt und innerhalb eines vorgegebenen Fensters konstant gehalten.

Die Laserleistung in der ersten Beugungsordnung bleibt dann über den gesamten Temperaturbereich von beispielsweise 15°C-35°C innerhalb enger Grenzen konstant. Ein Beispiel einer stabilen Temperaturregelung, deren Regelungsschwankungen keine für die LaserScanMikroskopie nachteiligen Effekte zeigen, zeigt Fig. 2.

Auf einem Gehäuseteil G, das Zuführungen Z zur Spannungsversorgung des AOTF aufweist, ist der TeO2-Kristall des AOTF angebracht, wobei die durchgehende Laserstrahlung schematisch angedeutet ist.

Zwischen dem Gehäuse G und dem TeO2-Kristall befindet sich eine elektrisch beheizbare oder kühlbare Platte P, deren Stromversorgung ST beispielsweise wie dargestellt auf der Außenseite des Gehäuses angebracht sein kann.

Die Stromversorgung ST ist mit einer Regelung verbunden, die mit einem Temperaturfühler verbunden ist, der direkt am TeO2 Kristall oder an der Stromversorgung ST angeordnet sein kann.

Die Regelung kann Teil der Stromversorgung ST sein, aber auch über die Ansteuereinheit 34 erfolgen.

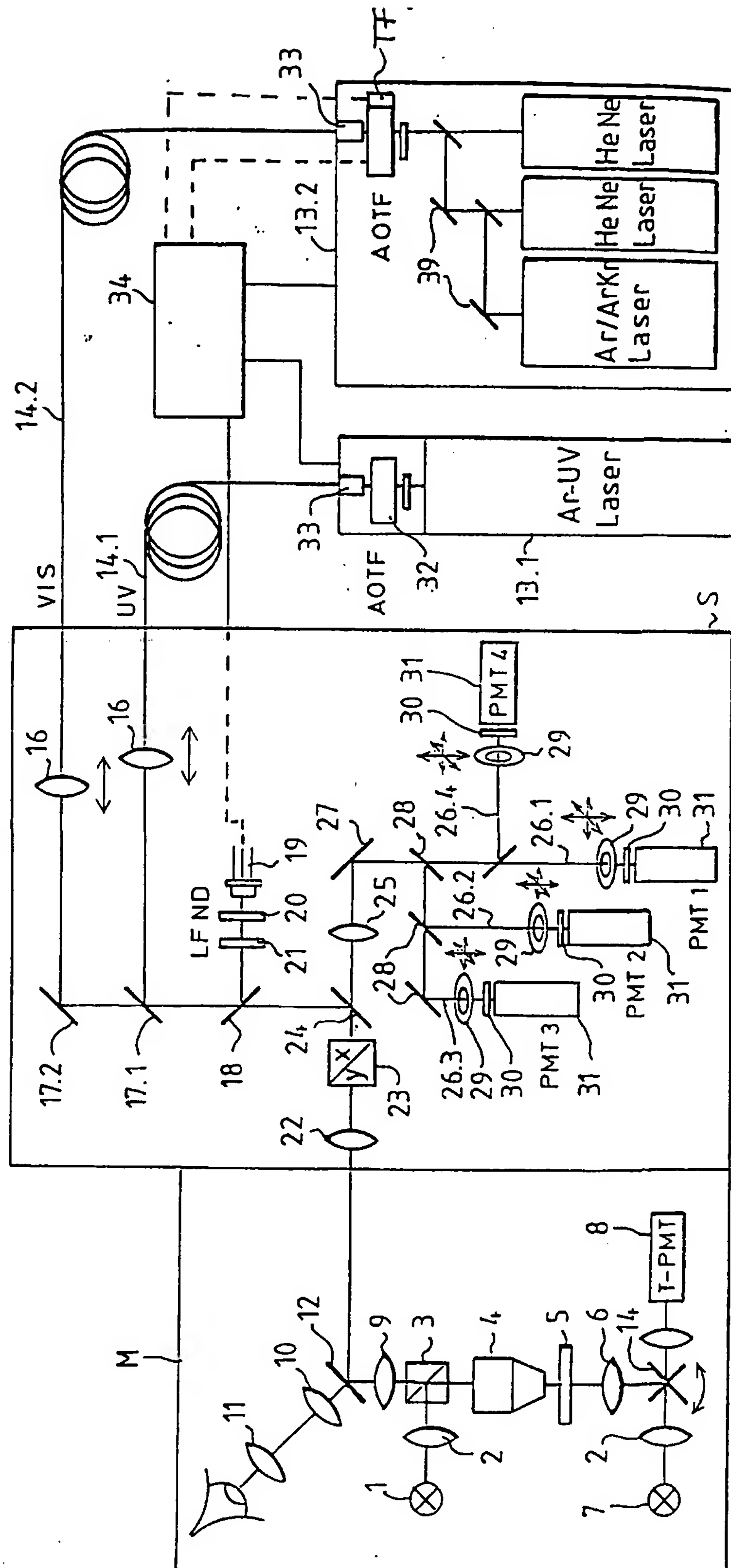
Der Temperaturfühler TF kann auch, wie in Fig. 1 bereits dargestellt, am Gehäuse angebracht sein und mit der Auswerteeinheit 34 verbunden sein, die die Temperaturänderung erfaßt und den AOTF entsprechend ansteuert.

Patentansprüche

1. Laser Scanning-Mikroskop mit einem AOTF im Laser-Einkopplungsstrahlengang, wobei in der Umgebung des AOTF oder in dessen Nähe oder mit diesem verbunden ein Temperaturfühler vorgesehen ist.
2. Laser-Scanning-Mikroskop mit einem AOTF im Laser-Einkopplungsstrahlengang, wobei eine Heizung oder Kühlung des AOTF und/ oder seiner Umgebung erfolgt.
3. Laser-Scanning-Mikroskop nach Anspruch 2, wobei die Heizung oder Kühlung auf einen konstanten Wert geregelt erfolgt.
4. Laser-Scanning-Mikroskop nach Anspruch 3, wobei die Heizung auf einen Wert oberhalb erwarteter Laborbedingungen erfolgt.
5. Laser-Scanning-Mikroskop nach Anspruch 4, wobei der Wert oberhalb 35 Grad Celsius liegt.
6. Laser-Scanning-Mikroskop nach einem der Ansprüche 2-5, wobei in der Umgebung des AOTF oder in dessen Nähe oder mit diesem verbunden ein Temperaturfühler vorgesehen ist.
7. Laser-Scanning-Mikroskop nach einem der Ansprüche 2-6, wobei der Temperaturfühler zur Regelung der Temperatur mit der Heizung oder Kühlung über eine elektronische Steuerung verbunden ist.
8. Laser-Scanning-Mikroskop nach Anspruch 1, wobei der Temperaturfühler mit einer Ansteuereinheit für den AOTF verbunden ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1



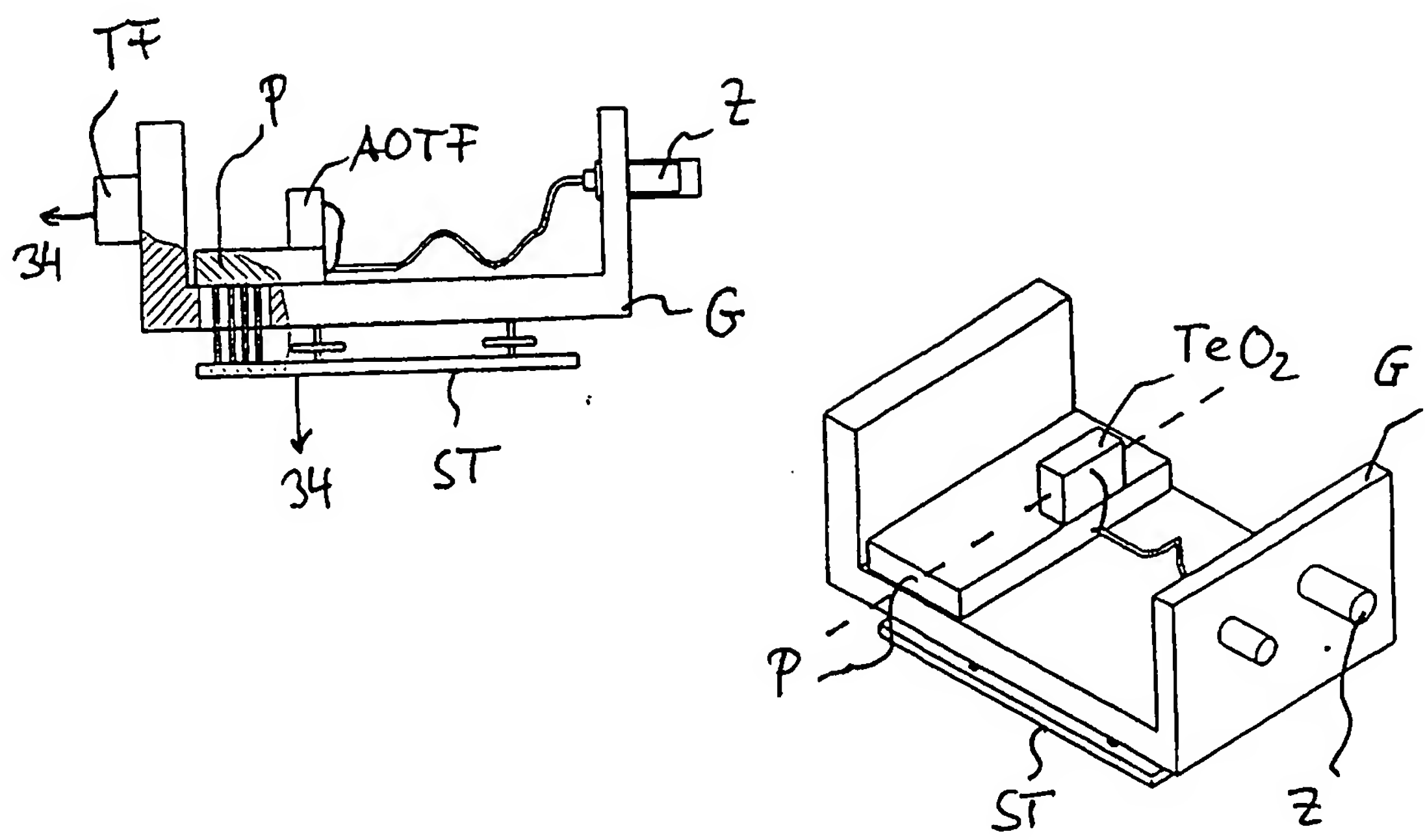


Fig. 2